

전압검출기능을 내장한 에폭시 부싱의 특성시험

*이창준, *안상호, *함길호, *김홍룡, **최재구
*LG산전 전력시험기술센터, **한국전기연구소

The Result of Characteristic Test for voltage sensing Bushings

*Chang-Jun Lee, *Sang-Ho Ahn, *Gil-Ho Ham, *Hong-Ryong Kim, **Jae-Gu Choi

*Power Testing & Technology Institute, **KERI

1. 서론

산업이 발달하고 전력소비의 경향이 고밀도화 됨에 따라, 전력계통이 대용량화 초고압화 되어가고 있다. 이러한 전력기술 동향에 대처하기 위해서 모든 전력기기 관련 부품들이 소형화 및 절연성능 향상이라는 두 가지의 기술상 요구가 필수적으로 대두되고 있다. 또한 계통의 안정성을 확보하기 위해 활선상태에서의 전력계통 감시에 대한 필요성 역시 증대되고 있다.

본 논문에서는 공업기술기반 과제로 시행중인 전압검출기능 내장형 에폭시 부싱의 특성시험 수행결과를 분석하였다. 본 시험에서는 부싱과 접속재 관련 규격의 ANSI, IEC, JEC 및 한전의 규격을 바탕으로 24kV급 부싱의 시험방법을 제안하였으며 전기적, 기계적 시험을 포함하여 총 11단계로 구성되어 있다.

실험은 LG산전과 한국전기연구소에서 공동으로 양쪽에서 시험 하였다.

시험결과 전기적, 기계적 시험은 상당히 안정된 결과를 얻었으나, 검출용으로 사용하는 정전용량의 값의 편차가 조금 크게 발생하는 것을 알 수 있다.

2. 실험

실험장비는 현재 LG산전과 한국전기연구소에서 보유하고 있는 장비로 수행하였으며, 각각의 시험은 표1과 같은 순서로 진행하였다.

시료는 Conventional 급형으로 제작된 에폭시 부싱 15EA를 특별한 검사 없이 수율을 검토하기 위해 그대로 사용하였으며, 전압검출용 스크린의 길이를 42mm와 43.8mm 두 가지를 함께 제작하였다.

시험 방법은 JEC211(에폭시 수지 부싱), ANSI 386(Connector), ANSI 37.71 (Switchgear), IEC 137(부싱 규격)을 모두 정리하여, 이중 가장 합리적이라고 판단되는 값을 선정하여 시험하였다.

본 시험을 위해서 12개의 부싱을 동시에 시험할 수 있는 지그를 제작 하였으며, 부분방전 시험과 정전용량 측정, 기계적 하중시험을 위한 시험지그를 시제작 하였다.

전기적 시험은 LG산전과 한국전기연구소에서 표 1에서 1~5는 LG 6~10까지는 전기연구소에서 11~15항은 LG에서 시험하였다.

표1. 시험순서 및 시험방법의 개요

1. 구조 및 외관	재료, 구조, 치수, 외관시험
2. PD test(I)	개시전압, 소멸전압을 측정 22.8kV- 3pC합격
3. AC test	50kV-1min에서 관통 및 섬락이 없으면 합격
4. AC test	각 극성에서 15회 시험하여 관통 및 섬락이 없을것
5. LI test	78kV-15 min에서 관통 및 섬락이 없을것.
6. PD test(II)	2. 항과 동일.
7. DC test	5. 항과 동일.
8. AC test	4. 항과 동일.
9. LI test	5. 항과 동일.
10. PD test(III)	2. 항과 동일.
11. Temp rising test	온도안정시까지 정격전류 통전, 허용온도상승치이하 합격.
12. Heat cycling test	-20℃(2h)~90℃(2h)를 각 3회인가 후 PD실험.
13. PD test(IV)	2. 항과 동일.
14. Mechanical test	지그 취부후 내하중 시험후, 육안시험, PD시험으로 확인.
15. PD test(V)	2. 항과 동일.

3. 시험결과

3-1 구조 및 외관검사

외관검사 항목은 가스누설검사, 정전용량검사, 구조검사 및 표면조도 검사로 이루어 진다. 정전용량은 23pF±5%로 초기설계 되었다. 가스누설검사, 정전용량검사, 구조검사는 합격으로 판정되었으며, 정전용량이 계산치보다 조

급 낮게 나왔으며, 그 결과는 아래와 같다.

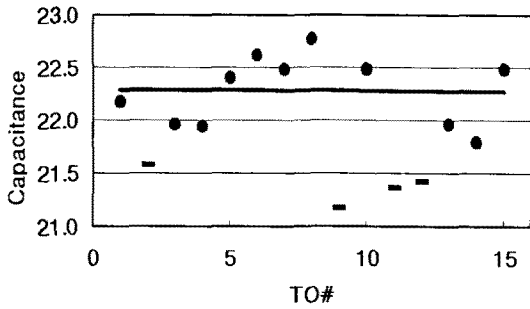


그림 1. 정전용량 시험결과

3-2 부분방전 시험

부분방전 시험은 외부의 영향이 시험결과에 미치는 영향이 매우 민감하기 때문에 시험 방법을 자세하게 표준화하는 작업이 필수적으로 요구된다. 특히 제품시험시와 같이 생산측과 수입측이 있는 것과 같이 서로 다른 곳에서 시험하는 경우 시험환경을 통일시켜 주는 것이 필수적이라 하겠다. 따라서 본 시험에서는 부분방전과 정전용량 측정용 지그를 아래 그림과 같이 제작하여 외부요인에 의한 오차를 최소한으로 줄여 시험하였다.

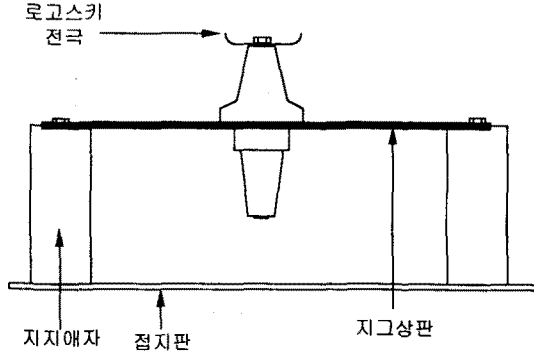


그림 2. 부분방전 시험용 지그

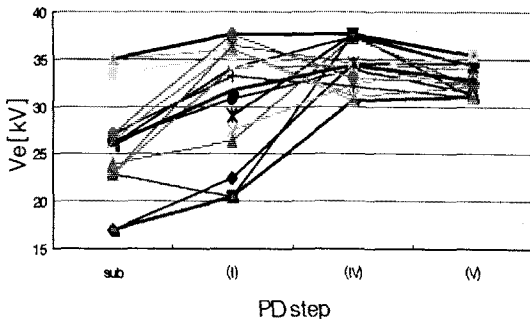


그림 3. 부분방전 시험결과

부분방전 시험은 총 5회 실시하였으며, 각 단계마다의 부분방전 개시전압, 19kV에서의 방전전하량, 부분방전 소멸전압을 산출하였고, 이들 시험결과중에서 부분방전 소멸전압을 아래 그림에 나타내었다. 그림에서 보듯이 4단계 시험(온도시험후)이후 특성이 좋아지는 것을 볼 수 있다.

굵은 선들은 각각 최대, 평균, 최소값들을 나타낸다. 이렇게 상향 평준화 현상을 보이는 이유는 부品の 표면의 이물질이 이후 설명할 온도싸이클 시험 시 상당히 없어졌을 것이라고 생각되며, 또한 시험시 나타나는 에러들을 상당부분 교정하면서 좋아진 결과라고 판단된다.

3-3 전기적 시험

전기적인 특성을 평가하기 위해 부분방전 시험을 포함하여 AC, DC, LI 시험을 수행하였다. 이 시험은 LG산전의 장비와 KERI장비에서 같이 수행하였다. 피시험의 상태는 사용상태와 동일하게 가스지그를 제작하여 취부하였으며, 접속재를 연결한 후 접속재 단자와 외함 사이에 전압을 인가 하였다. 시험인가 방법과 시험값은 아래 표 2에 나타내었다.

표2. 전기적 시험 종류 및 인가전압

시험 종류	시험방법
AC	50kVrms 1min
DC	78kV 15min
LI	125kVpeak +,-극성에서 각각 10회

전기적인 시험은 LG산전과 KERI 모두 양호한 특성을 나타내었으며, 접속재의 절연거리 미확보로 LI에서 연면파괴가 일어났다.

3-4-1 온도 상승 시험

온도 상승 시험은 온도가 포화될 때 까지 정격전류를 통전하여 구한 외부온도와의 차가 50℃ 이하면 합격으로 간주하며, 이 시험에 대한 결과치를 아래 그림에 나타내었다.

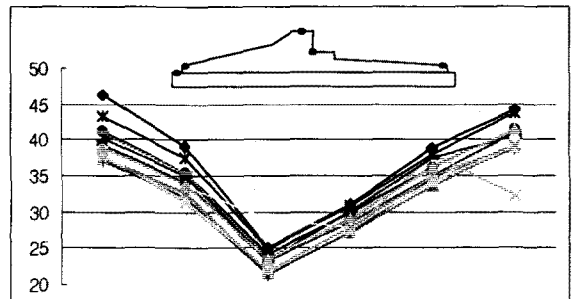


그림 4. 온도 상승 시험 결과

3-4-2 온도 싸이클 시험

온도싸이클 시험은 항온항습조에서 20℃와 90℃에서 각각 2시간동안 방치하는 것을 1주기로 하여 총 3주기동안 시험하였다.

시험결과와 확인은 시험 후 육안시험과 부분방전 시험으로 이상유무를 확인하였다. 온도 싸이클 시험 후 부분방전 시험한 결과가 그림 2의 (IV)이며, 그림에서 볼 수 있듯이 시료 모두 소멸전압이 30kV를 넘는 매우 우수한 결과를 나타내었다.

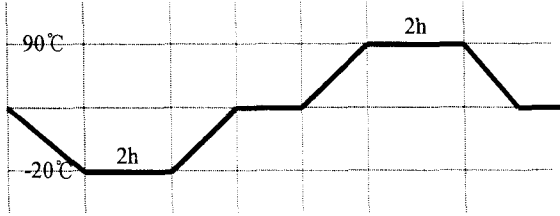


그림 5. 온도 싸이클 시험 온도 인가

3-5 기계적 강도시험

기계적 강도시험은 장시간 동안 부식에 인가되는 하중에 부식의 안정적으로 견디는지와 정격 단시간전류 인가시에 발생하는 전자력이 기기성능에 손상을 주는지를 시험하는 것이다. 본 시험에서는 24kV, 600A급에 해당하는 정격 단시간 전류25kA를 기준으로 이에 해당하는 하중치인 240kg을 1분 동안 인가하였다.

시험결과와 확인은 육안으로 표면상태등을 확인하고 부분방전 시험을 수행하여 이상 유무를 확인 하였다(JEC 규격). 이때 부분방전시험결과가 그림 2의 (V)이다. 이 값 역시 부분방전 소멸전압이 모두 30kV를 넘는 매우 우수한 결과를 나타내었다.

4. 시험결과 및 고찰

본 시험에서는 24kV-125BIL-630A 개폐기용 부품을 시험하였다. 현재 국내에는 부품을 평가할만한 시험 규격이 없으므로, LG산전과 한국전기연구소가 공동으로 제정한 규격으로 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- AC, DC, LI등의 전기적인 특성은 매우 양호한 결과를 나타내었다.
- 정격 전류에서의 온도상승은 최고 46°C(도체부분)에서 발생하였고, 수지부는 이보다 낮은 온도를 나타내었으며, 이는 부식 성능에 영향이 없을 것으로 생각된다. 또한 온도 싸이클 테스트 후 부분방전 시험을 수행한 결과 그 성능이 상향 수렴되는 결과를 나타내었다.
- 하중시험 결과 정격 단락전류시 발생하는 전자력에 충분히 견디는 기계적 강도를 가지고 있는 것으로 나타났다.
- 정전용량 시험결과 43.8mm의 경우 표준편차가 31%를 나타내었으므로, 이 부품을 계속용으로 사용하기 위해서는 편차를 5%이내로 줄이기 위한 연구가 필요하다.
- 부분방전 시험은 사용조건에서 시험한 결과보다 부식단독으로 수행한 결과가 더욱 우수하게 나타났으며, 온도 싸이클 시험후 매우 좋아지는 특성을

나타내었다. 또한 접속재 유무에 의해 나타난 결과로 보아, 외부 접속재에 의한 영향이 크게 나타나는 것으로 판명되었다.

5. 향후계획

- 현재 부식에 대한 국내 규격이 없기 때문에 부식을 평가할 만한 근거를 확보하기 위하여, 본 시험의 미비점을 보완하여 규격화 할 계획에 있다.
- 본 시험에서 문제점으로 나타난 정전용량을 안정화 시키기 위하여 새로운 전압검출 소자에 대한 연구를 진행할 계획이다.
- 부분방전 패턴분석을 이용하여 설비를 진단하기 위한 시스템을 구축할 예정이다.

참고 규격

- [1] ANSI/IEEE 386, separable insulated con-ector systems for power distribution systems above 600V
- [2] ANSI/IEEE 37.71, three-phase, manually operated subsurface load- interrupting switches for AC system
- [3] IEC 137, Bushings for alternating voltage above 1000V
- [4] IEC 270, Partial Discharge measurements
- [5] JEC 211, エポキシ樹脂ブツソグ